

盾构下穿对武九铁路的变形实测分析

——以黄浦路站至徐家棚站区间为例

姜伟峰^{1,2}, 赵艳峰³, 陈永建⁴

(1. 浙江联建工程设计有限公司, 杭州 310012; 2. 浙江中民筑友科技有限公司, 杭州 311422;
3. 汉嘉设计集团股份有限公司, 杭州 310005; 4. 杭州青少年活动中心, 杭州 310007)

摘要: 以武汉市轨道交通8号线一期工程黄浦路站至徐家棚站区间的盾构隧道为例, 对工程现场测试结果进行分析研究, 探讨盾构施工对武九铁路的结构及周边地表沉降的影响。结果表明: 在盾构掘进过程中, 沉降量逐渐趋于稳定, 且在沉降允许范围内; 断面的沉降槽沿隧道中线呈对称分布, 盾构推进对地表的影响范围基本在隧道中心线左右两侧7 m的范围之内。本研究成果对盾构下穿铁路的方案优化和安全施工具有一定的参考价值。

关键词: 盾构隧道; 下穿铁路; 施工监控; 结构沉降

中图分类号: U455.43

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2018)03-0240-04

Field measurement analysis of deformation of Wuhan-Jiujiang Railway by underpass shield —Taking the section from Huangpu Road Station to Xujiapeng Station as an example

JIANG Weifeng^{1,2}, ZHAO Yanfeng³, CHEN Yongjian⁴

(1. Zhejiang United Architectural Design CO., LTD., Hangzhou 310012, Zhejiang, China; 2. Zhejiang China Minsheng Drawin Technology Company Limited, Hangzhou 311422, Zhejiang, China; 3. Hanjia Design Group CO., LTD., Hangzhou 310005, Zhejiang, China; 4. Hangzhou Youth & Children's Center, Hangzhou 310007, Zhejiang, China)

Abstract: Taking the shield tunnel in the section from Huangpu Road Station to Xujiapeng Station in Wuhan Metro 8th Line Phase I for example, this study focused on the field measurement analysis, by exploring the effects of shield construction on the structure of Wuhan-Jiujiang Railway and peripheral surface settlement. The results showed that the settlement remained stable, all within the allowable range during the shield tunneling process. The settlement tank of the section showed symmetrical distribution along the midline of the tunnel and the surface area affected by shield tunneling was

收稿日期: 2017-12-18

通信作者: 姜伟峰(1977—), 男, 浙江省慈溪人, 高级工程师, 主要从事建筑结构、岩土等设计及工程管理。E-mail: 348159384@qq.com。

basically within 7 m on the left and right sides of the tunnel midline. This research will be of some significance for scheme optimization and safety construction of underpass shield.

Keywords: shield tunnel; underpass railway; construction supervision; structural settlement

随着社会经济的发展和基础设施建设的加快,施工工况的复杂性也日益增加。其中,隧道工程项目即面临此类问题^[1-3],尤其是隧道工程中的下穿项目,往往由于周围环境对地层变形的敏感性、场地条件的复杂性等因素造成了地铁项目施工的困难,成为施工的重点与难点问题^[4-6]。同时,地铁隧道下穿既有铁路交通工程时,也应尽量减少对铁路的运营带来影响^[7-9]。目前,盾构施工对周邻建筑物产生影响及其对地层沉降的影响等方面的研究已经很多^[10-13],而针对隧道开挖对既有铁路线路的影响研究较少^[14-15]。本研究以武汉市轨道交通8号线一期工程黄浦路站至徐家棚站区间为例,采用盾构法进行施工,通过对工程现场测试结果进行分析,明确盾构施工中铁路线路的沉降规律,以期实现准确预估既有铁路轨道的变形值,从而为工程施工提供一定的参考。

1 工程概况

黄浦路站至徐家棚站区间隧道全长 3 185.545 m。该隧道采用一台泥水平衡盾构机掘进施工。左、右线线间距为 5.3 m,平面最小曲线半径 $R=700$ m。隧道穿越长江段江底平顺,北坡(左岸)平缓,南坡(右岸)较陡。受河床最不利冲刷线控制,越江隧道埋深较大(11~23 m),土压断面最大水压接近 0.6 MPa。区间平面如图 1 所示。本工程始发场地位于徐家棚站,盾构设备在徐家棚西端头井整体始发,向西北方向穿越长江到达汉口岸,沿卢沟桥路掘进到达黄浦路站吊出。先后穿越徐家棚棚户区,北岸长江大堤、长江主航道、南岸长江大堤、卢沟



图 1 工程位置及范围示意图

Fig. 1 Location and scope of the construction

桥路到黄浦路站。始发井距离武昌侧大堤 782.55 m,穿越距离长 55.65 m,该处隧道顶距大堤坡顶地表约 36.51 m,距坡脚约 32.28 m;隧道距离南岸大堤 1 463.55 m,穿越距离长 62.25 m,该处隧道顶距离大堤 31.92 m,距坡脚约 30.1 m。

越江区间在武昌侧先后穿越武九铁路及月亮湾货场铁路。越江隧道在平面里程右 DK12+350~378 位置处穿越武九铁路,区间隧道从武昌北站栈桥处(武九铁路运营里程 K7+110 处)下方垂直穿越,穿越段长度约 13 m。共穿越武九铁路 3 股道及武昌北站站台,其中正线 1 股道,站线 2 股道。穿越段为 27‰的下坡,线路平面是半径 $R=2\,000$ m 的缓和曲线,隧道埋置较深,拱顶与轨面竖向深度较大,约 30.86~32.17 m。

1.1 地形地貌

武汉位于江汉平原东部,属平原边缘隆起带。区内总体地形南高北低、东高西低,最高点为南部武昌境内的顶冠峰,高程 197.70 m。拟建隧道越江段地貌属长江河床及长江一级阶地,地势是南高北低。两岸为长江一级阶地,地势平坦开阔,相对高差一般小于 1~3 m,地面高程 23~26 m。

长江流经场区,白沙洲和潜洲一顺排列在场区的上游河道内。场区江宽约 1 400 m,河床开阔,江底平顺,北坡(左岸)平缓,南坡(右岸)较陡,主槽位于长江南侧,勘测期间江水位高程 16.50~20.32 m,河床高程最低在 -2.43 m,最低处在靠近武昌岸侧。

1.2 地质条件

本工程隧道穿越多种地层,主要包括:表部杂填土、素填土厚度 0.9~4.1 m,成分复杂,结构疏密不均,工程性能相差悬殊;淤泥工程性能差;上部软塑状粉质黏土厚 4.3~15.8 m,弱透水、承载力较低,中高压缩性,易产生塑性变形;中下部粉细砂及中粗砂透水性中等,承载力一般,低压缩性;基岩为砾岩,岩体破碎,强风化层较厚,透水性微弱至不透水,承载力较高。

1.3 穿越武九铁路的重点难点分析

在穿越铁路施工过程中,工程的重点、难点主要体现在如下三方面:

一是武九铁路是沿江通道的重要组成部分,对沿江客运及货运有着重要作用。盾构穿越武九铁路时怎样更好地控制地表沉降,保证其安全是盾构施工的重点。

二是盾构主要在粉细砂层穿过,掘进参数及切口压力如果控制不好,就可能产生较大的地层损失以及不均匀沉降,导致武九铁路运营产生安全风险。

三是盾构穿越武九铁路时,地表监测数据的准确、及时反馈是保护武九铁路安全的重点措施。根据监测信息的反馈,及时调整切口压力和盾构掘进参数,做到信息化施工。

综上,在穿越铁路施工过程中,关键是要有效控制地面沉降值在铁路列车运营的允许范围内,从而确保铁路安全。

2 铁路监测数据分析

2.1 前期准备

2.1.1 监测目的

由于盾构掘进要穿越铁路线路,可能会引起地铁路基的沉降变化,因此对穿越铁路断面进行沉降监测,以便判断路基的变化情况及盾构施工对铁路线路的影响。

2.1.2 监测点埋设及技术要求

铁路监测沿盾构穿越线路铁路路基处布设断面沉降监测点,监测点布设同地表点布设相似,监测点埋设稳固,做好清晰标记,在其顶部加保护盖,避免其受外力荷载,或被泥沙等掩埋,保证监测点的成活率。武九铁路现场监测点的布置如图 2 所示。

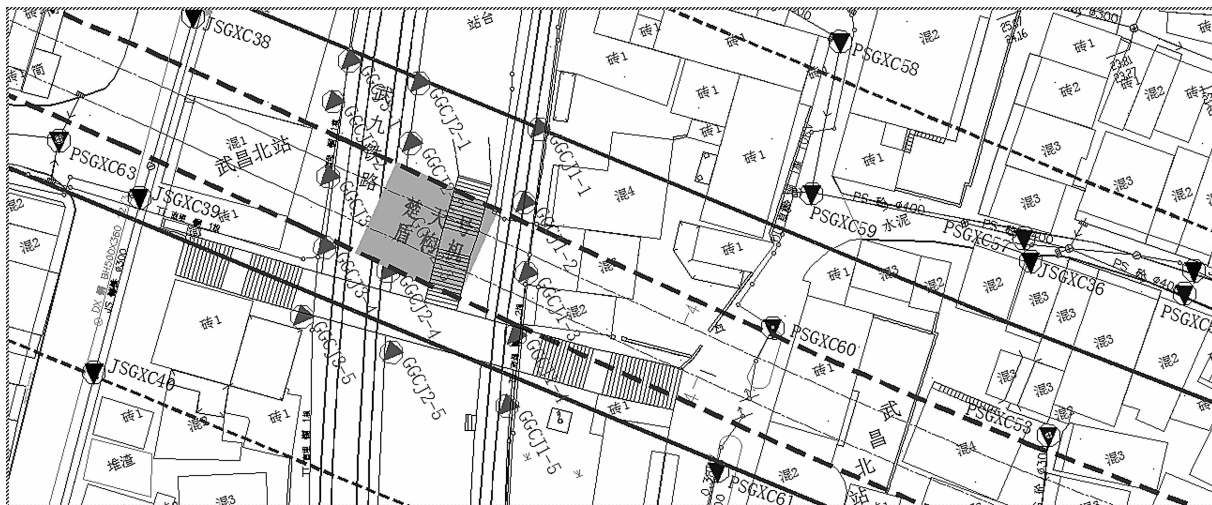


图 2 监测点的布置

Fig. 2 Layout of monitoring points

2.1.3 监测方法及数据采集

采用水准测量法对铁路沉降进行监测,本项目中使用的监测仪器为索佳电子水准仪。监测点的监测应满足 GB 50026—2007《工程测量规范》^[16]中三等变形监测水准测量的技术要求。当采用闭合水准路线时可只进行单程监测。

2.1.4 数据处理及分析

本项目采用电子水准仪自带记录程序对监测记录进行采集,当监测完成后,形成原始电子监测文件,而后通过数据传输软件将监测文件传输给计算机,数据经检查合格后,对其进行严密平差,最终得出各点的相对高程值。

沉降量按以下公式进行计算:

$$\Delta H = H_n - H_0。$$

式中: ΔH 为监测点沉降量,mm; H_0 为监测点初始高程,mm; H_n 为实测高程,mm。

采用变形监测点的各时间间隔期获得的高程值进行计算,可获得各间隔期的阶段沉降量、阶段变形速率和累计沉降量等数据。

2.2 监测数据分析

监测点的选取依据监测点布置及盾构掘进方向,本项目选取 5 个监测点为一组,分别为 GGCJ 2-1~GGCJ 2-5,并对各监测点的测试结果进行整理分析。图 3 所示为监测点沉降量与监测点距盾构中线距离的关系曲线。

由图 3 可知,随着监测时间的增加,沉降量有不断增大的趋势,监测初期,出现了先隆起后沉降的过程,此后沉降量不断增大,直至最后稳定,且沉降量在整个监测过程均未超过允许范围。地表沉降量最大的点位于中线偏左约 0.5 m 处,随着监测点与中心线间距离的增加,沉降量逐渐降低,盾构推进对地表的影响范围基本上在隧道中心线左右两侧 7 m 的范围之内。

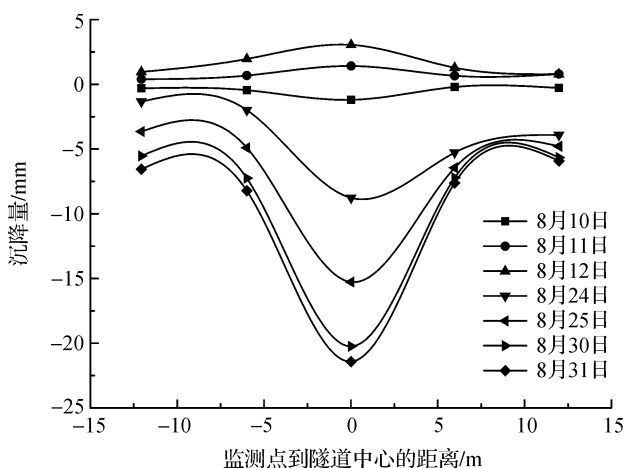


图 3 各施工阶段监测点沉降-距离关系曲线

Fig. 3 Relation curve of settlement-distance at different monitoring points

3 盾构下穿铁路时的技术措施

为了进一步确保施工安全,除进行现场测试外,盾构下穿既有铁路的工程掘进过程还应采取如下一些技术措施。

3.1 掘进速度的控制

当盾构施工进入影响范围内后,应控制盾构机的掘进速度在 2.0~2.5 cm/min 内,以减少对既有铁路的扰动影响,并避免造成盾构机的故障停机。

3.2 轴线偏差的严格控制

轴线偏差对盾构机的精准掘进影响很大,因而拼接好盾构机的管片后,应及时测量盾构、成环管片与设计轴心之间的偏差,进而根据每环的测量结果和管片四周间隙情况对盾构机下一环的推进提供精确数据。

4 结 论

通过采取优化盾构推进参数以及在现场监测的指导下,监测点的沉降量随着掘进时间的增加不断增加,直至趋于稳定,且监测结果均未超过沉降允许范围。断面的沉降槽沿隧道中线呈对称分布,监测点距离隧道中心线越远则沉降量越小,盾构推进对地表的影响主要集中在隧道中心线两侧。

参考文献:

- [1] 任建喜,李龙,郑赞赞,等.黄土地区地铁盾构下穿铁路变形控制技术[J].铁道工程学报,2013,30(5):57.
- [2] 申兴柱,阮雷,王帆.盾构隧道施工对既有铁路箱涵结构的影响研究[J].路基工程,2017(4):204.